

RELOJ SOLAR VERTICAL

Esteban Esteban – Atrévete con el Universo

Importancia de los relojes verticales y sus tipos

Los relojes verticales son los más habituales que podemos encontrar en paredes de iglesias, casas antiguas o incluso en elementos exentos como bloques de piedra, cruces, etc.

Es la forma más lógica de ubicar un reloj solar y además de colocarlo lejos del alcance de posibles actos vandálicos.

La orientación ideal de la pared o el plano vertical sobre el que se trazará el reloj es el sur (en el hemisferio sur la dirección norte). Por una parte recogerá mayor número de horas de sol y además su trazado es mucho más sencillo. Este reloj suele recibir el nombre de reloj vertical orientado.

Como normalmente el edificio no suele tener una pared orientada exactamente al sur, se suele elegir aquella que más se aproxime a esa orientación, y el reloj recibe el nombre de vertical declinante.

En ocasiones, y muy frecuentemente en bloques prismáticos acompañando a relojes de otra orientación, se trazan en planos orientados exactamente al este o al oeste, y reciben el nombre de relojes laterales.



Figura 1: Reloj orientado, declinante, lateral y propuesta para hacer en el aula con madera o cartón

Según la orientación funcionarán más o menos horas y en una parte u otra del día. Por ejemplo el lateral Este solo funcionará por la mañana, o un reloj que decline un poco al Oeste recogerá más horas de la tarde que de la mañana. Hay que resaltar que ningún reloj vertical recogerá todas las horas de sol del año, y en el caso más favorable, el reloj vertical orientado, en primavera y verano no funcionará las primeras y últimas horas del día en que la posición del sol tiene componente Norte (en el hemisferio norte)

La propuesta a realizar en la escuela es trabajar en el aula con materiales como cartón o madera para colocar luego en la orientación que nos interese, según el nivel más sencillo o más elaborado, sin descartar un gran proyecto de hacer un reloj para la fachada del centro escolar.

Reloj vertical orientado

Si la pared sobre la que vamos a trazar el reloj está orientada exactamente al sur (en el hemisferio Sur orientada al Norte) las líneas horarias serán simétricas, las de la mañana con las de la tarde respecto a la línea de las 12 que bajará vertical desde el arranque del gnomon.

Dicho gnomon, al igual que en todos los otros modelos será paralelo al eje de la Tierra, es decir que surgirá de la pared en un plano perpendicular a la misma (en dirección Norte-Sur) y estará inclinado formando un ángulo con la horizontal igual a la latitud del lugar.

El trazado de las líneas horarias se hace de manera análoga al reloj horizontal, utilizando un reloj ecuatorial (en el que dichas líneas están separadas entre sí por 15°) que tenga el mismo gnomon que el vertical. En la arista común a ambos relojes se anotan las posiciones de los extremos de las líneas horarias del ecuatorial, y esos puntos se unen con el arranque del gnomon en el vertical.

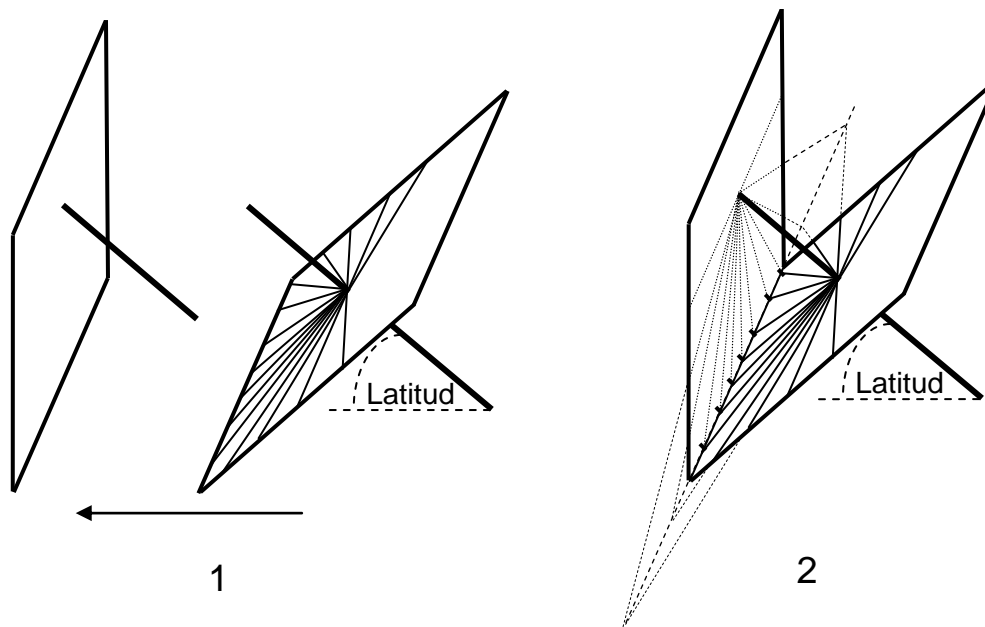


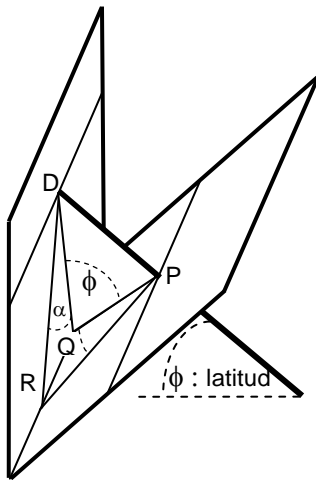
Figura 2: Detalle de la posición del gnomon

En la práctica resulta incómodo este proceso y puede realizarse de manera análoga a como se indicó en el caso del reloj horizontal, desplegando la figura en sendos papeles que se colocarán contiguos y que representarán uno al reloj ecuatorial (con líneas cada 15°) y otro al vertical donde se obtendrán las líneas horarias que necesitamos y que luego se trasladarán a la pared o plano vertical calcando las líneas o midiendo los ángulos entre ellas y trazándolos en la pared.

Si queremos usar fórmulas trigonométricas para comprobar el trazado, quedarían:

La línea del mediodía (12 hora solar) se trazará siempre vertical desde el arranque del gnomon, y a partir de ella se dibujan las demás:

A partir del reloj ecuatorial que tiene ángulos iguales de 15°:



En el triángulo PQR $Tg 15^\circ = QR/QP$

En PQD $Cos(\phi) = QP/QD$

Por ello:

$QR = QP \cdot Tg 15^\circ = QD \cdot Cos(\phi) \cdot Tan 15^\circ$

En QRD: $Tg \alpha = QR/QD = Cos(\phi) \cdot Tan 15^\circ$ y por tanto:

$$\alpha = \text{Arc tg} (Cos(\phi) \cdot \tan 15^\circ)$$

Así se obtiene el ángulo α entre la línea de las 12 y las de las 11. Para las siguientes líneas en vez de 15° se utilizarán 30°, 45°, 60°, etc.

Figura 3: Relaciones trigonométricas

Reloj vertical declinante

Cuando se va a colocar un reloj solar en una pared, ésta casi nunca estará orientada exactamente al sur, dando lugar a un reloj denominado vertical declinante. Aunque en cualquier orientación puede hacerse, esto limita el número de horas de funcionamiento y complica el trazado de las líneas horarias y la colocación del gnomon.

Lo primero que hay que hacer es calcular la orientación exacta de la pared, que podría hacerse con una brújula, GPS, ... etc., aunque el método tradicional es utilizar el propio Sol.

Para ello se coloca una hoja de papel sobre un plano (un rectángulo de madera p. ej.) bien nivelado en el suelo junto a la pared y siguiendo la línea de ésta. Delante se coloca una plomada sujeta en un soporte, que dé sombra sobre el papel. En el instante del mediodía solar verdadero se marca en el papel esa sombra que indica la dirección Norte-Sur y solo falta medir con un transportador el ángulo β que determina esa línea con la pared. Su complementario $\delta = 90^\circ - \beta$ es la declinación de la pared.

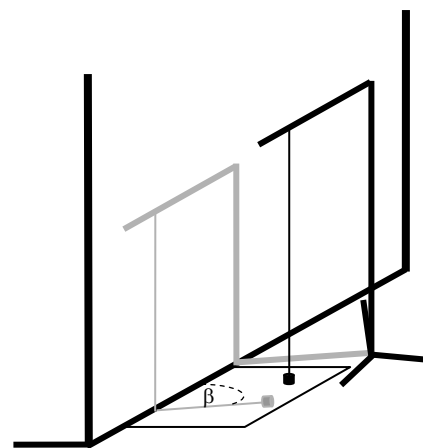


Figura 4: Determinación de la orientación de la pared

Es muy importante tener en cuenta que el mediodía, momento en que el Sol se sitúa exactamente en el Sur, depende de la longitud geográfica del lugar (por cada grado oeste 4 minutos más tarde) y de la ecuación del tiempo en la fecha de la medición. Si no se conocen estos valores hay que utilizar uno de los otros métodos indicados.

El gnomon no estará contenido en un plano perpendicular a la pared, sino formando un ángulo horizontal β respecto a la misma.

Las líneas horarias pueden trazarse a partir de un reloj horizontal con el mismo gnomon de forma similar a como se utiliza el reloj ecuatorial para obtener las líneas en el vertical orientado, como se ilustra en el siguiente gráfico.

Las líneas no serán simétricas respecto a la del mediodía. Si declina hacia el Oeste como el del siguiente gráfico (supuesto en el hemisferio norte), aparecerán más líneas de la tarde que de la mañana y estarán más juntas entre sí.

Las siguientes imágenes ilustran el método gráfico (izda) y trigonométrico (dcha). Si estamos en el hemisferio sur, tanto los puntos cardinales como la posición de las 6 y 18 horas serían los opuestos.

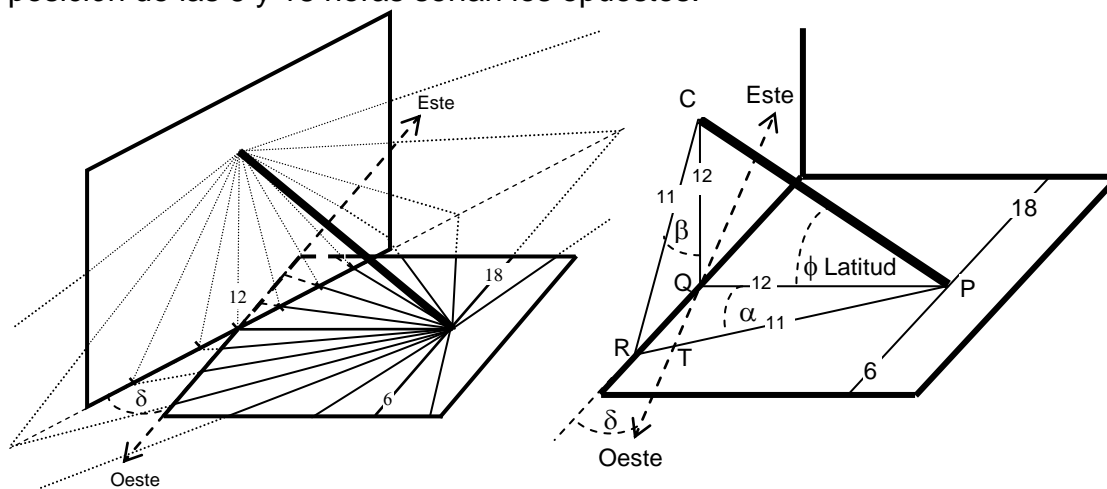


Figura 5: Trazado de un reloj vertical declinante por el método gráfico y el planteamiento trigonométrico

Si se utilizan fórmulas trigonométricas se parte de la línea del mediodía que en todos los relojes es vertical, y a partir de ella se trazan las demás según los ángulos β .

Se parte de un reloj horizontal obtenido antes y mediante razonamientos trigonométricos similares pero algo más complejos se obtiene:

$$\beta = \text{Arctg} \frac{\text{Sen} \alpha}{\text{Cos}(\delta + \alpha) \cdot \text{Tg} \phi}$$

Que se da únicamente por si se quiere comprobar el resultado gráfico obtenido.

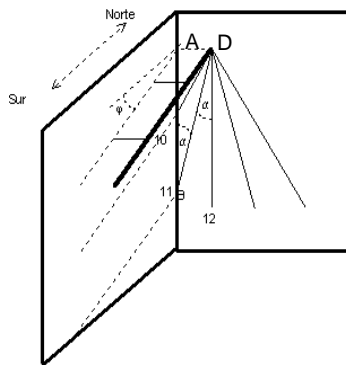
En el proceso se tienen en cuenta los triángulos rectángulos PQS, PQT, y QRS además de QRT que no es rectángulo y en el que se aplica el teorema de los senos. El nivel requerido para entenderlo es superior a la secundaria obligatoria y por ello no se desarrolla aquí. A algún-a alumno-a interesado-a de bachillerato podría proponérsele su deducción

Relojes laterales y reloj orientado al Norte

Si la pared está orientada al Este o al Oeste el reloj declinante sería especial por varios motivos

El gnomon queda en un plano paralelo a la pared y fuera de ella, por lo que hay que sujetarlo a la misma con algún soporte.

Las líneas horarias lógicamente no pueden confluir con el gnomon, son paralelas entre sí, con la inclinación de la latitud como el gnomon, y lo que hay que determinar es su separación o distancia desde la altura del gnomon donde estaría la línea de las 6 de la mañana si el reloj está orientado al Este o las 18 si está al Oeste.



En este caso para el trazado gráfico se parte de un teórico un reloj vertical orientado al Sur que estuviese junto al lateral obtenido previamente.

Por el método trigonométrico se puede calcular la distancia (AB) de cada línea horaria a la línea de las 6 o 18 h.

En este caso la deducción es muy sencilla y utilizando el triángulo ABD se obtiene:

$$AB = AD / Tg$$

Figura 6: Trazado de las líneas horarias

Un caso muy especial es el de un reloj orientado exactamente al norte (y situado en el hemisferio norte). Solo funcionaría a primeras y últimas horas del día en primavera y verano. Las líneas de las 6 y 18 estarían horizontales, las de las 7 y 17 se trazan exactamente igual que en el vertical orientado al sur, y las 5 y 19 se dirigen hacia arriba de manera simétrica a las anteriores, con el mismo ángulo. El gnomon también estaría hacia arriba un ángulo igual a la latitud.

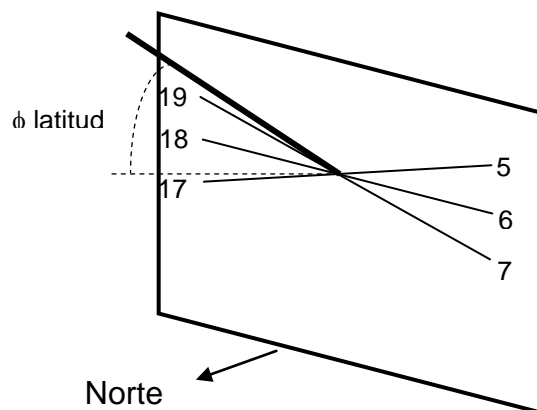


Figura 7: Caso particular de reloj orientado hacia el norte

BIBLIOGRAFÍA



- Soler, R., *Diseño y construcción de relojes de sol*. Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid 1997
- Pavanello G.C. y Trincherro A., *Relojes de sol*. Edit. De Vecchi. Barcelona 1998